

# Fertilizer experimentation on oil palm in North Sumatra<sup>(1)</sup>

UMMAR AKBAR (2) F. H. TAMPUBOLON (2) D. AMIRUDDIN (2) and M. OLLAGNIER (3)

**Summary.** — The mineral manuring programme for the SOCFINDO oil palm plantations in North Sumatra is established in function of leaf analysis and of the results obtained in a field experimental network started in 1971 with the collaboration of the I. R. H. O. The mineral nutrition is characterized by a general deficiency in nitrogen and chlorine, accompanied by deficiencies in phosphorus, magnesium or potassium according to the situations. In an adult plantation, the application of 4 kg of ammonium sulphate per tree/year raises the leaf N levels from 2.21 to 2.54 and increases yield by an average 49 kg of bunches per tree/year (+ 51 p. 100) for the last two campaigns. The profitability of this heavy nitrogenous manuring is superior to that of a manuring reduced by half. In the same situation, an extra yield of the same order is obtained by applying a phosphated manuring equivalent to 3 kg of triple superphosphate per tree/year. No significant interaction between nitrogen and phosphorus has been noted. In zones very deficient in Mg (levels about 0.1 p. 100), the application of 1.5 kg of Kieserite raises the levels to 0.19 p. 100 and improves yield by 41 p. 100 (+ 43 kg of bunches per tree/year for the last campaign). The form of the nitrogenous fertilizer is of great importance: the replacement of urea by ammonium chloride leads to a significant increase in yield of 23 as a result of the correction of the leaf Cl levels from 0.35 to 0.45 p. 100.

## INTRODUCTION

The P. T. SOCFIN Indonesia (SOCFINDO) owns ten oil palm plantations, seven of which are on the east coast of Sumatra (region of Medan) and three on the west coast.

On the east coast, the soils derive from volcanic (liparitic tuff) and alluvial formation. Dell and Arens [1957] and Kiswito [1971] distinguish the following main soil types: podzolic (ferrallitic), grey hydromorphic and alluvial, with a few organic soils in the valley bottoms. These soils are fairly rich in organic matter (total nitrogen between 0.1 and 0.2 p. 100) but very poor in total phosphorus (a few dozen ppm). The desaturated absorbant complex still contains considerable quantities of exchangeable bases, evidence of the initial richness of the parent rock. The exchangeable potassium frequently exceeds 0.2 meq/100 g. The exchangeable magnesium varies greatly; it can be very low in certain zones and manifests itself in spectacular magnesium deficiencies (Pulu Raja disease).

Two west coast plantations have a majority of alluvial soils, where the magnesian and phosphoric nutrition is high; on the other hand potassic deficiencies prevail.

Each year the mineral nutrition of the plantations is checked by leaf analysis. In order to assist the formulation of fertilizer policy, a small experimental network was set up in 1971 in cooperation with the I. R. H. O.

Mr Kiswito and the pedological team at Marihat Research Station were kind enough to study the types of soils of the three main experiments at Aek Loba (1 and 2) and Bangun Bandar. Their characteristics are given in tables I and II.

There is no doubt about the fact that specific experimentation is needed in Sumatra, because certain plantations are into their third generation of crops on the same land, unlike Malaysia where all the plantations are in the first or second generation.

The objectives of the network are:

— to measure the strength of the responses on

mature plantations (12 to 17 years at the time of the trials) made up of DP and DT or TD material. In effect, the literature available on fertilization in Sumatra mainly concerns work done on dura Déli material;

— to verify in North Sumatra the validity of the critical levels determined for other growing zones;

— to define the optimum fertilizer forms and rates for the corrections of the main deficiencies in different situations;

— to detect at an early stage the signs of nutritional imbalances which may possibly be induced by the fertilizers applied;

— to judge the economic profitability of the fertilizer formulae studied.

## EXPERIMENTAL DESIGN

The results reported below were obtained in 4 experiments: AL Nos. 1 and 2 (Aek Loba Estate), BB No. (Bangun Bandar Estate) and MP No. 1 (Mata Pao Estate).

### 1. — Experiment AL 1.

— Set up in 1971 on 1959 planting.

— Split-plotted 3<sup>3</sup> factorial lay-out, i. e. 27 main plots and 54 sub-plots.

— Three main treatments at three levels:

$$\left\{ \begin{array}{l} N0 = 0 \\ N1 = 2 \text{ kg/tree/year } (NH_4)_2 SO_4 \\ N2 = 4 \text{ kg/tree/year } (NH_4)_2 SO_4 \end{array} \right. (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P0 = 0 \\ P1 = 1.5 \text{ kg/tree/year triple superphosphate} \\ P2 = 3 \text{ kg/tree/year triple superphosphate} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K0 = 0 \\ K1 = 1 \text{ kg/tree/year KCl} \\ K2 = 2 \text{ kg/tree/year KCl} \end{array} \right.$$

— One sub-treatment at 2 levels:

$$\left\{ \begin{array}{l} Mg0 = 0 \\ Mg1 = 1.5 \text{ kg/tree/year } MgCl_2 \end{array} \right.$$

(1) Communication presented at the Malaysian International Agricultural Oil Palm Conference (Malaysia, 1976).

(2) Agricultural Department P. T. SOCFIN INDONESIA (SOCFINDO), Medan (Sumatra).

(3) Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I. R. H. O.), Paris (France).

(4) From the 1974 manuring campaign onward, the treatments were changed to 0-4-6 kg  $(NH_4)_2 SO_4$ .

TABLE I. — **Pedological Characterization of Soils of SOCFINDO Experiments (According to Marihat Research Station)** (*Caractérisation des sols des expériences de la SOCFINDO — d'après Marihat Research Station*)

	Type of soil (Type de sol)	Drainage	Colour (Couleur)	Texture
<b>BANGUN BANDAR</b>				
Exp. I	Brown Podzolic (Brun podzolique)	Good (Bon)		
0 — 40 cm			Dark Brown (Brun foncé) (7,5 YR 3/2)	Sandy Loam (Sablo-limoneux)
40 — 90 cm			Brown (Brun) (7,5 YR 4/4)	Clay Loam (Argilo-limoneux)
> 90 cm			Brown (Brun) (7,5 YR 5/4-5/6)	Clay Loam (Argilo-limoneux)
<b>AEK LOBA</b>				
Exp. I	Yellow Podzolic (Jaune podzolique)	Good (Bon)		
Upper parts (Parties hautes)				
0 — 30 cm			Brown Dark Brown (Brun, brun foncé) (7,5 YR 4/4)	Sandy Loam (Sablo-limoneux)
30 — 60 cm			Brownish Yellow (jaune brundtre) (10 YR 6/8)	Sandy Clay Loam (Limon argilo-sableux)
> 60 cm			Yellowish Brown (Brun jaunâtre) (10 YR 5/6)	Sandy Clay Loam (Limon argilo-sableux)
Lower parts (Parties basses)	Yellow Podzolic (Jaune podzolique)	Poor (Mauvais)		
0 — 30 cm			Brown/dark Brown (Brun, brun foncé) (10 YR 4/3)	Sandy Loam (Sablo-limoneux)
30 — 60 cm			Yellow/brownish Yellow (Jaune, jaune brundtre) (10 YR 6/6-7/6)	Sandy Clay Loam (Limon argilo-sableux)
> 60 cm			Light Yellowish brown (Brun jau- nâtre clair) (10 YR 6/4)	Structure : Angular with mottling (anguleux avec marbrure) Fe <sup>+++</sup> . Sandy Clay Loam (limon argilo-sableux) Structure : Angular with mottling (anguleux avec marbrure) Fe <sup>+++</sup> .
<b>AEK LOBA</b>				
Exp. II	Yellow Podzolic (Jaune podzolique)	Normal		
0 — 10 cm			Dark Yellowish brown (Brun jau- nâtre foncé) (10 YR 4/4)	Sandy Loam (Sablo-limoneux)
10 — 30 cm			Yellowish brown (Brun jaunâtre) (10 YR 5/6)	Structure : crumb (grumeleuse) Sandy Loam (Sablo-limoneux)
30 — 70 cm			Yellow (Jaune) (10 YR 7/6)	Sandy Loam (Sablo-limoneux)
> 70 cm			Brownish Yellow (Jaune brundtre) (10 YR 6/6-7/6)	Sandy Clay Loam (Limon argilo-sableux)

TABLE II. — **Physical and chemical characteristics of the soils of the SOCFINDO experiments** (*Caractéristiques physiques et chimiques des sols des expériences de SOCFINDO*)

		AL 1 (1)		AL 2 (2)		BB 1 (3)		MP 1 (4)	
		0-20	30-50	0-20	30-50	0-20	30-50	0-20	30-50
Soil analyses (Analyses de sols)									
C p. 100.....		3,02	1,34	2,68	1,68	2,18	0,95	1,80	0,52
N p. 1 000.....		2,48	1,30	2,50	1,51	2,06	1,16	1,51	0,48
C/N.....		12	10	11	11	11	08	12	11
P total ppm.....		180	150	380	260	220	100	210	100
Cl p. 1 000.....		0,067	0,050	0,108	0,067	0,063	0,042	0,093	0,076
meq. /100 g	Ca.....	1,40	1,40	2,00	0,95	5,10	4,00	5,00	3,40
	Mg.....	0,12	0,12	0,06	0,04	0,78	0,50	1,01	1,10
	K.....	0,14	0,08	0,09	0,04	0,26	0,23	0,17	0,22
	Na.....	0,15	0,05	0,08	0,01	0,13	0,10	0,03	0,05
	Sum of exchangeable bases (Somme des bases échangeables)	2,81	1,65	2,23	1,01	6,27	4,67	6,21	4,77
	C. E. C.....	6,20	4,60	8,10	4,60	11,00	7,20	8,60	7,70
	Saturation p. 100.....	45	36	28	23	57	65	72	62
	pH water (eau).....	5,2	5,0	5,6	5,8	5,6	5,6	5,7	5,6
Grain size distribution (Granulométrie)									
Clay (Argile).....		25,8	33,1	4,4	1,3	39,9	48,7	23,4	23,7
Loam (Limon).....		1,9	1,6	8,6	2,6	6,7	4,7	15,4	17,2
Very fine sand (Sable très fin).....		1,5	1,5	6,1	3,6	3,2	2,8	11,1	10,2
Fine Sand (Sable fin).....		7,0	6,0	19,4	25,9	10,1	8,3	27,7	27,7
Coarse Sand (Sable grossier).....		63,8	57,8	61,4	66,5	40,1	35,6	22,3	21,2

(1) Sub-plots (Sous parcelles) N0 P0 K0 Mg0 — (2) Plots C (parcelles T) K0  
 (3) Plot (parcelle) N0 P0 K0 — (4) Control (parcelles-témoins)

— Each main plot is made up of 6 rows of 9 trees = 54 trees, of which 28 are useful (4 rows of 7 trees), exclusive of border trees.

— Each sub-plot contains 12 useful trees (4 rows of 3 trees) allowing for one row of neutral trees separating the 2 sub-plots.

## 2. — Experiment AL 2.

— Set up in 1971 on 1954 planting.

— Lay-out in split-plotted Fisher blocks with 8 replications and 2 sub-treatments, or 24 plots and 48 sub-plots.

— Three treatments :

C = Control without Mg.

A = 1.5 kg/tree/year  $MgSO_4$  (kieserite),

B = 2.475 kg/tree/year  $MgCl_2$ .

— One sub-treatment at 2 levels :

K0 = 0

K1 = 1 kg/tree/year KCl.

— Four replications receive 1.5 kg/tree/year urea, four replications receive no N.

— Each main plot is made up of 6 rows of 8 trees = 48 trees including 24 useful (4 rows of 6 trees).

— The sub-plots have 8 or 12 useful trees, allowing for a row of 4 neutral trees between the 2 sub-plots.

## 3. — Experiment BB 1.

— Set up in 1971 on 1962 planting.

— 3<sup>3</sup> factorial design, i. e. 27 main plots.

— Three treatments at 3 levels :

{ N0 = 0

{ N1 = 2 kg/tree/year  $(NH_4)_2 SO_4$

{ N2 = 4 kg/tree/year  $(NH_4)_2 SO_4$

{ P0 = 0

{ P1 = 2 kg/tree/year rock phosphate

{ P2 = 4 kg/tree/year rock phosphate

{ K0 = 0

{ K1 = 1 kg/tree/year KCl

{ K2 = 2 kg/tree/year KCl

— Each plot consists of 5 rows of 9 trees = 45 trees including 21 useful (3 rows of 7 trees), border trees being excluded.

## 4. — Experiment MP 1.

— Set up in 1973 on 1967 planting.

— Lay-out in Fisher blocks with 8 replications with 3 treatments, or 24 plots.

— Three treatments :

C = Control without N

A = 1.5 kg/tree/year urea

B = 2.6 kg/tree/year  $NH_4Cl$ .

— Four replications are placed on dura material and 4 on tenera.

— Each plot consists of 6 rows of 8 trees = 48 trees, including 24 useful (4 rows of 6 trees), exclusive of border trees.

## RESULTS

### Study of the main elements and their influence on yields

#### Nitrogen.

The leaf diagnosis made on the commercial plantations have shown that a deficiency in this element was prevalent both on the soils of liparitic origin and the alluvial and hydromorphic soils, and this despite the good total nitrogen contents of the surface horizons (0.1 to 0.2 p. 100). In most cases, it is also accompanied by a phosphorus deficiency.

On the Aek Loba plantation, an experiment AL No. 1 was set up in 1971 (on yellow podzolic soil) ; it concerns a split-plotted 3<sup>3</sup> factorial layout studying the effects of applications of nitrogen and phosphorus (deficiencies certain) and potassium and magnesium (for study of the evolution of these elements).

The nitrogen deficiency is considerable since the average N content was only 2.21 between 1972 and 1975 (Table III).

The effect of ammonium sulphate is rapid ; the 2.50 p. 100 usually retained as the critical level for leaves of rank 17 was obtained as early as 1972 with the rate of 4 kg/tree/year of ammonium sulphate. It has been little more since, even though the yields of N2 and N1 are very different.

The effect of nitrogen on yield was only 10 p. 100 in the second half of 1972. It became considerable (+ 40 p. 100) in the first half of 1973 (i. e. about 18 months after the first applications).

TABLE III. — Experiment AL 1 (1959 planting) : Principal effects of ammonium sulphate on N contents of the leaves (rank 17) and on yield

(Expérience AL 1 [plantation 1959] : Effets principaux du sulfate d'ammoniaque sur les teneurs en N des feuilles — rang 7 — et sur le rendement)

Treatments (Objets)	N contents of the leaves (p. 100 of DW) (teneur des feuilles en N — p. 100 de P. S.)				Yields (Rendements) kg/bunch/tree (kg/régimes/arbre)		
	April (Avr.) 1972	Feb. (Fév.) 1973	March (Mars) 1974	March (Mars) 1975	June (Juin) 1972 Apr. (Avr.) 1973	July (Juill.) 1973 June (Juin) 1974	July (Juill.) 1974 June (Juin) 1975
N0 Control (témoin) .....	2.24	2.21	2.19	2.21	108	92	104
N1 2 kg/tree/year (2 kg/arbre/an) $(NH_4)_2 SO_4$ .....	2.37*	2.35*	2.41**	2.49**	131	117*	108
N2 4 kg/tree/year (4 kg/arbre/an) $(NH_4)_2 SO_4$ .....	2.48**	2.54**	2.56**	2.54**	145*	151**	140*

First fertilizer applications in December 1971 (Premières applications d'engrais en décembre 1971).

Four kg of ammonium sulphate lead to an increase of 44 kg/tree/year in bunch yield (plus 43 p. 100 by comparison with the control without nitrogen), on an average over three campaigns.

The trend of the yield response curve in function of the nitrogen rates allows further yield increases to be anticipated with higher rates (the study of the 6 kg rate of ammonium sulphate — split application — was started in 1975).

In an identical experiment started simultaneously at Bangun Bandar, at the level of 2.50 p. 100 N in the leaf, on liparitic soils, there is no yield response.

On the other hand, in an experiment planted in 1973 on the Mata Pao plantation, the beginning of a response to the nitrogenous fertilizer was obtained on trees whose N contents were high, about 2.6 p. 100 (Table IV).

The ammonium chloride applications significantly increased the chlorine and nitrogen contents of the leaf and the yield (+ 22 p. 100).

The superiority of ammonium chloride over urea could have been explained by its effect on the chlorine nutrition, the contents of which went from 0.265 for objects C and A in 1975 to 0.476 with ammonium chloride, object B.

However, the examination of the correlations throws some doubt on the effect of chlorine, and the superiority of ammonium chloride may be attributable to the ammoniated form of the nitrogen.

— Total correlations (Leaf analysis 1974, 1974/1975 yields)

- Cl, N :  $r = + 0.47^*$
- kg/tree N :  $r = + 0.61^{**}$
- kg/tree Cl :  $r = + 0.43^*$

— Partial correlations (Leaf analysis 1974, 1974/1975 yields) :

- kg/tree N with Cl constant :  $r = + 0.51^*$
- kg/tree Cl with N constant :  $r = + 0.19$  NS.

### Phosphorus.

The phosphorus content of the experimental control reached 170 ppm of total P. It exceeds perceptibly the average contents recorded at SOCFINDO.

The total phosphorus contents of all the soils of the region are very low, about a few dozen ppm [Kiswito, 1974]; it is not surprising therefore, that responses are also obtained to phosphatic fertilization.

In the same experiment AL 1, phosphorus is applied in the form of triple superphosphate and its effects on the P nutrition and yields are shown in table V.

The main effects of the phosphorus applications are comparable to those of nitrogen, as over the whole of the last three campaigns, the average yield increase is 34 kg/bunches/tree for the rate of 3 kg of superphosphate/tree/year (+ 32 p. 100 by comparison with the control without phosphate).

A decrease of 23 p. 100 of the yields of plots without P between 1972 and 1975, which cannot be attributed to a deterioration in the P contents, should be noted; it is probable that this is a relative worsening of the phosphorus deficiency under the effect of nitrogen applications (see nitrogen-phosphorus interaction below and fig. 1).

If we do not stop at the principal effects, an interdependence of the N and P nutritions can be observed (classical N-P synergism in plants) (Table VI).

The P contents are modified both by the phosphate and the ammonium sulphate, and that in comparable proportions.

TABLE IV. — Experiment MP 1 (1967 planting) : Effects of nitrogenous fertilizer on the nitrogenous nutrition and the yield (kg/tree) (Expérience MP 1 [plantation 1967] : Effets d'engrais azoté sur la nutrition en N et le rendement — kg/arbre)

Treatments (Objets)	N contents (Teneurs en N)		Yields (Rendements) 1974-1975
	Leaf analysis (D. F.) 1974	1975	
C (T) = Control (Témoin) .....	2.69	2.56	121
A = 1.5 kg/tree/year Urea (1,5 kg/arbre/an d'urée) ...	2.78	2.63	118
B = 2.6 kg/tree/year Chloride NH <sup>4</sup> .....	2.82*	2.79*	148*
(2,6 kg/arbre/an de chlorure d'ammoniaque)			

TABLE V. — Experiment AL 1 (1959 planting) : Principal effects of triple superphosphate on P contents of leaves (rank 17) and on yields (Expérience AL 1 [plantation 1959] : Effets principaux du superphosphate triple sur les teneurs en P des feuilles — rang 17 — et sur les rendements)

Treatments (Objets)	P contents of leaves (p. 100 of DW) (Teneur des feuilles en P — p. 100 de P. S.)				Yields (Rendements) kg/bunch/tree (kg/régimes/arbre)		
	Apr. (Avr.) 1972	Feb. (Fév.) 1973	March (Mars) 1974	March (Mars) 1975	June (Juin) 1972 Apr. (Avr.) 1973	July (Juill.) 1973 June (Juin) 1974	July (Juill.) 1974 June (Juin) 1975
P0 = Control (Témoin) .....	0.142	0.140	0.135	0.141	119	100	92
P1 = 1.5 kg/tree/year (1,5 kg/arbre/an) triple superphosphate .....	0.151**	0.154**	0.154**	0.158**	127	124*	122*
P2 = 3.0 kg/tree/year (3 kg/arbre/an) triple superphosphate .....	0.151**	0.155**	0.158**	0.158**	139	136*	137**

Triple superphosphate at 45 p. 100 of P2 O5 (Superphosphate triple à 45 p. 100 de P2 O5).

TABLE VI. — Experiment AL 1 (1959 planting) : Effects of ammonium sulphate and triple superphosphate on :  
— the P contents of the leaves (highest figures) — yields (June 1972 — April 1973 — middle figures) F. F. B. kg/tree  
— yields (1974/1975 — lowest figures) F. F. B. kg/tree.

(Expérience AL 1 [plantation 1959] : Effets du sulfate d'ammoniaque et du superphosphate triple sur : les teneurs en P des feuilles (chiffres du haut) ; les rendements (juin 1972-avril 1973 — chiffres du milieu —) en kg/régimes/arbre ; rendements (1974/1975 — chiffres du bas —) en kg/régimes/arbre).

Treatments (Objets)	N0	N1	N2	Average (Moyenne)
P0 : 0 .....	0.141 104 81	0.143 114 85	0.139 139 111	0.141 119 92
P1 1.5 kg triple superphosphate....	0.149 103 102	0.162 142 126	0.163 136 138	0.158** 127 122
P2 3 kg triple superphosphate.....	0.152 118 128	0.161 138 113	0.162 160 172	0.158** 139 137*
Average (Moyenne).....	0.147 108 104	0.155* 131* 108	0.155* 145* 140*	

### Nitrogen-Phosphorus interaction.

The examination of the figures of the N-P contingency table (Table VI) shows that the effect of the nitrogen on the P contents only becomes appreciable in the presence of phosphate. The phosphorus application alone raises this element's levels from 0.141 to 0.152 and the additional application of nitrogen from 0.152 to 0.162 ; the N  $\times$  P linear interaction was not significant in 1975, whereas it was in 1974.

On the other hand, nitrogen application alone has no effect on the P contents.

The interdependence of the nitrogen and phosphorus nutritions could be expressed by a positive interaction of the two fertilizers on the yields. This interaction was not yet significant in 1975 but could become so shortly. In effect it is noted that the action of the nitrogenous fertilizer without phosphorus decreases over the years. The application of nitrogen alone increases the nitrogen contents without at the same time raising the phosphorus contents and the N/P ratio deviates from its optimum value (Fig. 1).

In another experiment on the Bangun-Bandar plantation (BB 1-brown podzolic soil), the lack of

effect of phosphatic manurings is wholly explained if one refers to the evolution of the N/P relationship (Fig. 1). In practice, therefore, it is necessary to apply nitrogenous fertilizers if the N contents are lower than the critical level and complete them by phosphatic fertilizers if the N/P ratio rises above 16.

### Magnesium.

Magnesian deficiencies are numerous on the visual plane on the east coast, whereas none are observed in West Atjeh. They are particularly severe in the Aek Loba region and on the Pulu Raja plantation (PNP VI) where they have been given the name of « Pulu Raja Disease » [Tabas Pandia, 1972 ; Taryo Adiwiganda, Wibowo, 1973].

Soil analyses allow the existence of these deficiencies to be determined :

	Exchangeable elements meq/100 g (RISPA analyses)		
	K	Ca	Mg
Pulu Raja.....	0.31	1.06	0.27
Pulu Raja.....	0.26	1.69	0.52

The exchangeable Mg/exchangeable K relationship is considerably lower than the values of 3 to 4 which are desirable.

It is in one of these very deficient zones that an experiment (AL No. 2) was set up in 1971 (yellow podzolic soil) to study the effect of magnesian applications in the form of sulphate (kieserite) and chloride (Table VII).

The experiment is well situated in a zone particularly deficient in Mg and it is moreover unusual to find a plantation with such low contents.

The usual critical level retained, 0.24 p. 100 in leaf rank 17 has not yet been reached four years after the first applications.

In the present case, the magnesian deficiency indeed constitutes the limiting factor for a good nutritional balance of the tree as the N and P contents are improved by the magnesian fertilizers (Table VIII).

The detailed study of the results shows that the severity of the magnesian deficiency is not the same in

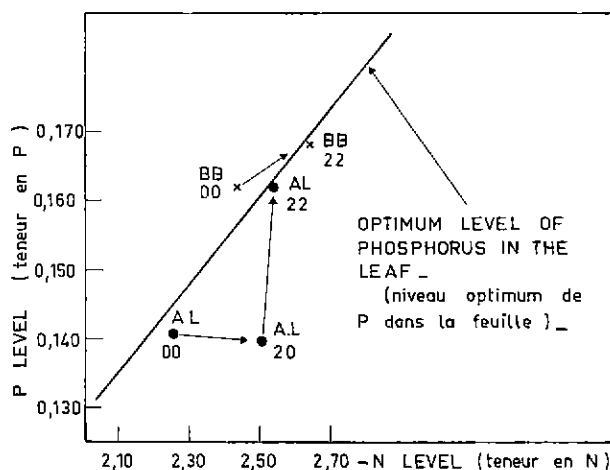


FIG. 1. — Aek Loba — Bangun Bandar. Situation of the Phosphorus nutrition.  
(Etat de la nutrition phosphorique).



TABLE VII. — Experiment AL 2 (1954 planting) : Effects of magnesian applications on the Mg nutrition and yields  
(Expérience AL 2 [plantation 1954] : Effets d'apports de magnésium sur la nutrition en Mg et sur les rendements)

Treatments (Objets)	Mg contents (rank 17, p. 100 of DW) (Teneurs en Mg, rang 17, p. 100 de P. S.)				Yields (kg/tree) (Rendements — kg/arbre)		
	1972	1973	1974	1975	June (Juin) 1972 April (Avr.) 1973	1973-1974	1974-1975
C (T) = Control (Témoin).....	0.07	0.08	0.07	0.06	94	96	104
A = 1.5 kg/tree/year (1,5 kg/arbre/an) kieserite.....	0.08	0.15**	0.18**	0.20**	98	113*	144*
B = 2.475 kg/tree/year of Mg chloride (2,475 kg/arbre/an de chlorure de magnésium).....	0.11	0.19**	0.18**	0.21**	102	120**	151**

TABLE VIII. — Experiment AL 2 (1954 planting) : Effects of magnesian applications on nitrogen nutrition (leaf rank 17)  
(Expérience AL 2 [plantation 1954] : Effets d'apports magnésiens sur la nutrition en N — feuille rang 17 —)

Treatments (Objets)	Evolution of N contents (Evolution des teneurs en N)			Evolution of P contents (Evolution des teneurs en P)		
	1973	1974	1975	1973	1974	1975
C (T) = Control (Témoin).....	2.28	2.38	2.36	0.147	0.158	0.154
A = Kieserite .....	2.47**	2.59**	2.44	0.151	0.161	0.160**
B = Mg chloride (Chlorure de magnésium).	2.41*	2.64**	2.51	0.148	0.163	0.162**

the 8 replications of the experiment, the Mg contents of the control plots varying from 0.03 to 0.15. Now, the yield increases obtained in 1974/75 by magnesian fertilizers, kieserite or magnesium chloride, are very different according to the Mg contents of the blocks in question (Fig. 2).

For the 8 points represented, the correlation is significant at 1 p. 100 ( $r = -0.80^{**}$ ).

The yields are very greatly increased when the Mg contents are less than 0.10 ; above this value, the gains in yield to be expected from raising the contents are far more modest. Thus the magnesian response curve slopes steeply up to Mg = 0.10 p. 100, after which it rapidly becomes horizontal. In order to have confirmation of these figures, additional campaigns will be

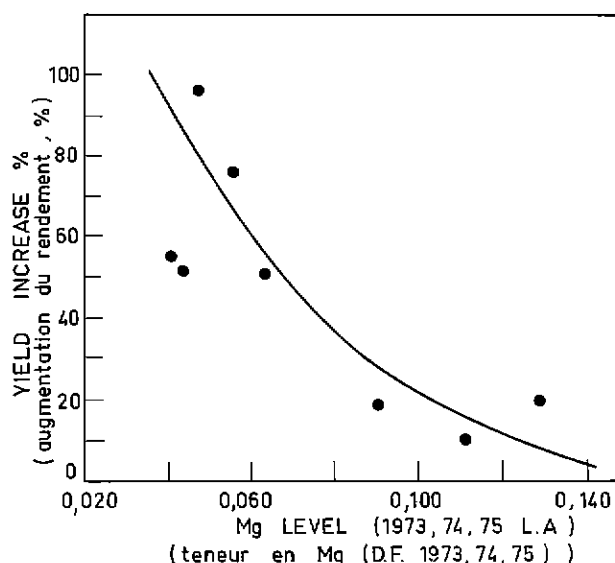


FIG. 2. — Yield increase by magnesian applications (in percentage of control) in function of the Mg leaf level (mean of the levels of the 1973-74-75 leaf analysis).  
(Augmentation du rendement due aux applications de Mg (en p. 100 du témoin) en fonction de la teneur en Mg de la feuille (moyenne des teneurs des D. F. 1973-74-75).)

necessary : by then the magnesian fertilizers will have been able to act over the entire period of sexualization. The yield increases observed in 1974/1975 are due for 60 p. 100 to a rise in the average bunch weight.

It will be noted with interest that the yield has reached a level of 20-22 t bunches/ha with very low Mg resources, less than 0.1 p. 100.

The determination of the level of Mg at which it is necessary to intervene is important not only for the zones very deficient in this element, as in experiment AL 2, but also where there is a less serious deficiency, induced by other fertilizers. This is the case, for example, of experiment AL 1, in which the applications of ammonium sulphate, 4 kg/tree/year reduce the Mg contents from 0.29 to 0.21 (leaf analysis 1975, significance at 1 p. 100) : the question is whether or not it is necessary to intervene at these levels ; for AL 1, the applications of magnesium chloride have not yet had any effect on the yields, which is not surprising if one refers to the results of the previous experiment (AL 2).

It does not appear necessary, therefore, to be disturbed by a slight decrease of the Mg contents under the influence of nitrogen and phosphorus applications, but naturally it is necessary to watch the evolution of this element and perhaps anticipate the need for a slight magnesian correction in the long term.

#### Potassium.

Three points are to be noted :

1) no increase in the potassium contents of the leaf follows the application of increasing rates of potassium chloride,

2) the lack of potassium application for four or five years (in 1971 experiments were started on blocks previously manured with compound fertilizer and potassium) has no effect on yield in these two experiments, one of which, Aek Loba, has a medium yield

TABLE IX. — **Effects of potassium on leaf contents and production**  
(Effets du potassium sur la nutrition en K et les rendements)

	Aek Loba					Bangun Bandar				
	1972	1973	1974	1975	FFB/tree (kg régimes/arbre) 1974/1975	1972	1973	1974	1975	FFB/tree (kg régimes/arbre) 1974/1975
K0	0.924	0.911	0.862	0.823	117	1.12	1.00	1.07	0.91	293
K1	0.953	0.928	0.894	0.874	131	1.04	0.97	1.00*	0.89	226
K2	0.923	0.879	0.862	0.828	103	1.07	0.98	1.01*	0.89	217

level of 15 t/ha (but good with NP : 23 t), the other, Bangun Bandar, a very good one (30 t/ha),

3) the fact of reaching a K level of 0.900 in 1973, and even a level of 0.800 in 1975, less than the critical level or the optimum level recommended by numerous specialists, does not lead to yield increases in 1974/1975 for potassium chloride (Table IX).

In experiment AL 1, the K level of the plots without fertilizer is relatively low (0.811 p. 100 in the leaf analysis of 1975), but it is significantly improved by nitrogenous fertilizer alone (0.940 p. 100 for objects N2P0, in the 1975 leaf analysis). Thus the correction of the principal deficiency in N is accompanied by an improvement in the potassic nutrition (Table X).

TABLE X. — **Experiment AL 1 (1959 planting) :**  
**N × P interaction on K contents of the leaves**  
(rank 17) leaf analysis 1975

(Expérience AL 1 [plantation 1959] : Interaction N × P sur les teneurs en K des feuilles — rang 17, D. F. 1975)

	N0	N2	Effects of N (Effets de N)
P0	0.811	0.940	+ 0.129
P2	0.846	0.809	— 0.037
Effects of P (Effets de P)	0.035	— 0.131	— 0.083*

However, the superphosphate, which has to be associated with ammonium sulphate if high yields are to be obtained, greatly depresses the K contents, bringing them down to the level of the plots without fertilizer.

In experiment AL 2, the magnesium applications lead to a lowering of the K contents which, in the leaf analysis of 1975, pass from 0.946 for the control without fertilizer to 0.733 for treatments with kieserite or magnesium chloride.

In 1975, there were no visible potassic deficiency symptoms on the leaves.

These two examples, taken on AL 1 and AL 2, show that on plantations apparently well supplied with K in the beginning, the fertilizers applied to correct one or more principal deficiencies can induce reductions in the K contents which should be followed, without it appearing necessary to intervene until the levels have reached a certain point.

#### Chlorine.

The results of the experiments realized at SOC-FINDO follow the classical diagram : positive liaison  $\text{Ca} \rightleftharpoons \text{Cl}$ , and antagonism  $\text{Ca} \rightleftharpoons \text{K}$ .

The magnesium and ammonium (and even potassium) chlorides decrease the potassium content more than magnesium sulphate or urea.

On all plantations where leaf analysis shows Cl contents lower than the provisional optimal level defined by Ollagnier [1971], i. e. 0.35 p. 100, the application of chlorinated fertilizer easily allows the contents to be raised to the average level of 0.45 p. 100.

The new results at present obtained seem to indicate a very good yield response to chlorine applications when the contents of this element are low, less than 0.2 p. 100 [Daniel et Ochs, 1975] or even lower.

In the Mata Pao experiment (MP 1, already quoted) where the natural contents are placed at 0.25 p. 100, the superiority of ammonium chloride over urea was noted, both for the N nutrition levels and for yields. It is still an open question as to whether the ammoniated form is superior to the urea form or whether this is an indirect effect of the improvement of the Cl nutrition of the trees on assimilation of nitrogen.

For the moment, however, the advantage of ammonium chloride as a nitrogenous fertilizer is well established.

#### ECONOMIC ASPECTS

##### Nitrogen and Phosphorus.

In present market conditions, the bunch value can be estimated at U. S. \$ 0.05/kg ex-plantation ; the average price of U. S. \$ 200/t has been retained for ammonium sulphate, triple superphosphate and ammonium chloride ; these prices have been rounded off, because the economic data which follow only aim at giving a general idea.

The N × P contingency table of average yields for the last three campaigns is shown in table XI.

TABLE XI. — **Experiment AL 1 (1959 planting) :**  
**Average yields over three campaigns (1972-1973,**  
**1973-1974 and 1974-1975) in function**  
**of nitrogen and phosphorus applications**

(Expérience AL 1 [plantation 1959] : Rendements moyens sur 3 campagnes — 1972/1973, 1973/1974, 1974/1975 — en fonction des apports d'azote et de phosphore).

	N0 (0)	N1 (2 kg)	N2 (4 kg)
P0 (0) .....	86 (0)	98 (12)	127 (41)
P1 (1.5 kg) .....	97 (11)	134 (48)	142 (56)
P2 (3.0 kg) .....	121 (35)	124 (38)	167 (81)

N0, N1, N2 = ammonium sulphate with rates/tree/year (sulfate d'ammoniaque avec doses/arbre/an).

P0, P1, P2 = triple superphosphate with rates/tree/year (superphosphate triple avec doses/arbre/an).

Figures in brackets = average yield gain (kg/tree/year) in comparison to the control without fertilizer, N0 P0.  
(Entre parenthèses = gain moyen de rendement (kg/arbre/an) par rapport au témoin sans engrais N0 P0.)

By taking account of the cost of the fertilizers applied for each formula, the net profit per tree and per year is obtained in each case (Table XII).

Thus in the economic as in the agronomic field, it is the manurings in which nitrogen and phosphorus are balanced which give the best return on fertilizer investments, whilst assuring the best yield increases (case of formulae N1P1 and N2P2). In other words, when the circumstances impose a reduction in fertilizer costs, plantations in the nutritional situation of Aek Loba should reduce both the nitrogenous and phosphated fertilizer rates; it is on this condition that the highest yields are obtained with the best possible « return » on the sums invested in fertilizer.

The use of tricalcic phosphate should improve the economic balance even more.

TABLE XII. — Experiment AL 1 (1959 planting):  
N × P contingency table for net profits  
in U. S. \$/tree/year

(Expérience AL 1 [plantation 1959]: Table de contingence  
N × P pour les bénéfices nets en \$ U. S./arbre/an)

	N0	N1	N2
P0 .....	0 (-)	0.20 (1.5)	1.25 (2.6)
P1 .....	0.25 (1.8)	1.20 (3.4)	1.20 (2.5)
P2 .....	1.15 (2.9)	0.90 (1.9)	2.65 (2.9)

Figures in brackets = profitability of fertilizer investment  
net profit (before taxes)  
cost of fertilizer

(Entre parenthèses = rentabilité de l'investissement engrais  
bénéfice net (avant imposition)  
coût des engrais).

## Magnesium.

The correction of very serious magnesium deficiencies (case of AL 2) proves very profitable economically, since in this experiment the net profit for the 1974/75 campaign amounted to U. S. \$ 2.20/tree/year.

## CONCLUSION

The results of these experiments have allowed the fertilizer rates applied on the plantations to be « fined down ».

It has been possible to show the advantage of correcting the nitrogen deficiencies even on mature trees, provided that the N/P balance is respected.

At the same time, the results of the control leaf analyses show that the nitrogen applications could stop the regular decreases in the N contents in proportion to age. For example, figure 3 shows the evolution of the nutritional status of the Aek Loba plantations from 1972 to 1975:

— In 1972, the average decrease of the N contents

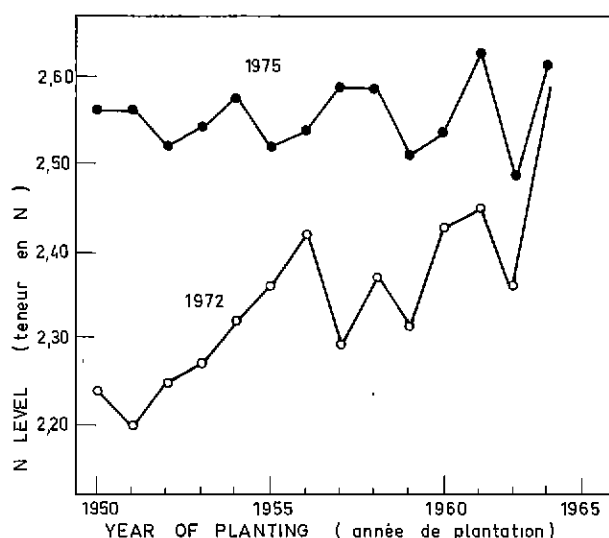


FIG. 3. — Evolution of the nitrogen level of the leaves from 1972 to 1975 in function of the year of planting.  
(Évolution de la teneur en N des feuilles de 1972 à 1975 en fonction de l'année de plantation).

by year of age was 0.017; thus 20-year-old trees presented N levels of 2.20-2.30.

— In 1975, decrease with age was no longer observed, at least for the planting period up to 1950 (25-year-old oil palms).

In other respects, on all of the SOCFINDO plantations the formulas applied since 1972 permitted more homogeneous and higher N contents to be obtained in 1975 than in 1970, despite ageing of the trees (Table XIII).

TABLE XIII. — Evolution from 1970 to 1975  
of the average N contents for the 1950/1960 plantings  
for the whole of SOCFINDO

(Évolution des teneurs moyennes en N de 1970 à 1975 dans les  
plantations 1950-1960 pour l'ensemble de la SOCFINDO)

Plantings (Plantations) 1950/1960	Years of Leaf Analysis (Années de D. F.)	
	1970	1975
Aek Loba .....	2.35	2.55
Bangun Bandar .....	2.27	2.44
Lae Butar .....	2.17	2.57
Mata Pao .....	2.24	2.31
Medang Ara .....	2.38	2.41
Surgai Lipul .....	2.43	2.40
Nagri Lama .....	2.24	2.37
Seunanyam .....	2.20	2.42
Seunagan .....	2.40	2.44
Tanah Gambus .....	2.43	2.45

The experimental results shown above demonstrate, if this was necessary, the need for regular and permanent control of nutrition in industrial plantations; the balance in elements of the trees can be modified by the appearance of deficiencies induced by the fertilizers applied. A concomitant experimental network allows the fertilizer formulas to be adjusted in full knowledge of the facts.

## REFERENCES

DANIEL C., OCHS R. (1975). — Amélioration de la production des jeunes palmiers à huile au Pérou par l'emploi d'engrais chloré. *Oléagineux*, 30, p. 295-298.  
DELL W., ARENS P. L. (1957). — Inefficacité du phosphate naturel pour le palmier à huile sur certains sols de Sumatra. *Oléagineux*, 12, p. 675-683.  
OLLAGNIER M., OCHS R. (1971). — Chlorine, a new essential element in oil palm nutrition. *Oléagineux*, 26, p. 1-15.

KISWITO SUTEDJO, TABAS PANDIA (1971). — Laporan Pemetaan Tanah Perkebunan PNP VI Marihat Research Station, 131 p.  
TARYO ADIWIGANDA Y., WIBOWO P. (1973). — A further pot experiment to investigate « Pulu Raja Disease » on Padang Halaban and Pulu Raja Soils. *B. P. P. M. Bulletin*, 4, p. 31-41.



## RÉSUMÉ

## Expériences de fumure sur palmiers à huile au Nord-Sumatra.

UMMAR AKBAR, F. H. TAMPUBOLON, D. AMIRUDDIN, et M. OLLAGNIER, *Oléagineux*, 1976, **31**, N° 7, p. 305-316.

Le programme de fumure minérale pour les plantations de palmiers à huile de la SOCFINDO au Nord-Sumatra est établi en fonction des analyses foliaires et des résultats obtenus sur un réseau expérimental mis en place en 1971 avec la collaboration de l'I. R. H. O. La nutrition minérale se caractérise par une déficience générale en azote et en chlore, accompagnée de carences en phosphore, en magnésium ou en potassium selon les cas. Dans une plantation adulte, l'apport de 4 kg de sulfate d'ammoniaque par arbre/an relève les niveaux de N de la feuille de 2,21 à 2,54 et augmente le rendement de 49 kg de régimes/arbre/an (+ 51 p. 100) pour les deux dernières campagnes. La rentabilité de cette fumure forte en azote est supérieure à celle d'une fumure réduite de moitié. Dans la même situation, un rendement supplémentaire du même ordre est obtenu par l'application d'une fumure phosphatée équivalente à 3 kg de superphosphate triple par arbre/an. Aucune interaction significative entre l'azote et le phosphore n'a été constatée. Dans des zones très carencées en Mg (teneurs d'environ 0,1 p. 100) l'application de 1,5 kg de Kiesérite remonte les niveaux à 0,19 p. 100 et améliore le rendement de 41 p. 100 (+ 43 kg régimes/arbre/an pour la dernière campagne). La forme de l'engrais azoté est très importante : le remplacement de l'urée par le chlorure d'ammonium aboutit à une augmentation significative du rendement de 23 p. 100 à la suite de la correction des teneurs en Cl de la feuille de 0,35 à 0,45 p. 100.

**Mots clés :** Palmier à huile, Indonésie, Nutrition minérale, Azote, Chlore, Phosphore, Magnésium, Potassium, Fumure, Rendement.

## RESUMEN

## Experiencias de fertilización de la Palma aceitera en la parte norte de Sumatra.

UMMAR AKBAR, F. H. TAMPUBOLON, D. AMIRUDDIN y M. OLLAGNIER, *Oléagineux*, 1976, **31**, N° 7, p. 305-316.

Se elaboró el programa de fertilización mineral de las plantaciones de palma aceitera de la SOCFINDO en el Norte de Sumatra, con base en los análisis foliares y en los resultados obtenidos en una red experimental iniciada en 1971 con la colaboración del I. R. H. O. La nutrición mineral muestra una deficiencia general de nitrógeno y cloro, con carencias de fósforo, magnesio o potasio según los casos. En una plantación adulta, la aportación de 4 kg de sulfato de amoníaco por árbol y por año sube los niveles de N de la hoja desde 2,21 hasta 2,54, y aumenta el rendimiento en 49 kg de racimos/árbol/año (+ 51 %) para las últimas dos campañas, siendo la rentabilidad de esta fertilización con elevado contenido de nitrógeno superior a la de una fertilización reducida en media parte. En la misma situación se obtiene un suplemento de rendimiento del mismo orden mediante la aplicación de una fertilización fosfatada que equivale a 3 kg de superfosfato triple por árbol y por año. No se notó ninguna interacción significativa entre el nitrógeno y el fósforo. En las zonas con fuertes carencias de Mg (contenidos de poco más o menos 0,1 %), la aplicación de 1,5 kg de kieserite aumenta los niveles hasta 0,19 % y mejora el rendimiento en 41 % (+ 43 kg de racimos/árbol/año para la última campaña). La forma del fertilizante nitrogenado es muy importante : la sustitución de urea por cloruro de amonio lleva un aumento significativo de 23 % en el rendimiento a consecuencia de la corrección de contenidos de Cl de la hoja desde 0,35 hasta 0,45 %.

## Expérience de fumure sur palmiers à huile au Nord-Sumatra (1)

UMMAR AKBAR, (2) F. H. TAMPUBOLON (2), D. AMIRUDDIN (2) ET M. OLLAGNIER (3)

## INTRODUCTION

La Société SOCFINDO possède dix plantations de palmiers à huile dont sept sur la côte Est de Sumatra (région de Medan) et trois sur la côte Ouest. Sur la côte Est, les sols sont dérivés de formations volcaniques (liparitic tuff) et alluviales. Dell et Arens [1957] et Kiswito [1971] distinguent essentiellement des sols podzoliques (ferrallitiques), des sols grès hydromorphes, des sols alluviaux et quelques sols organiques dans les bas-fonds. Ces sols sont assez riches en matière organique (azote total compris entre 0,1 et 0,2 p. 100) mais très pauvres en phosphore total (quelques dizaines de ppm). Le complexe absorbant désaturé recèle encore des quantités appréciables de bases échangeables, témoins de la richesse initiale de la roche mère. Le potassium échangeable est fréquemment supérieur à 0,2 meq p. 100. Le magnésium échangeable, très variable, peut être très faible dans certaines zones et se traduire par des carences magnésiennes spectaculaires (maladie de Pulu Raja).

Deux plantations sur la côte Ouest ont une majorité de sols alluviaux où la nutrition magnésienne et phosphorique est élevée ; par contre, des carences potassiques sont prévalentes.

La nutrition minérale des plantations est contrôlée chaque année par diagnostic foliaire. Pour aider à l'élaboration de la politique de fumure, un petit réseau expérimental a été mis en place en 1971 en coopération avec l'I. R. H. O.

M. Kiswito et l'équipe pédologique de Marihat Research Station ont eu l'obligeance d'étudier les types de sols des trois expériences principales à Aek Loba (1 et 2) et Bangun Bandar. Leurs caractéristiques sont données dans les tableaux I et II. Il ne fait pas de doute qu'une expérimentation particulière est nécessaire à Sumatra, parce que certaines plantations sont déjà à leur troisième génération de cultures sur le même terrain, à l'encontre de la Malaisie où toutes les plantations sont à la première ou deuxième génération.

Les buts du réseau expérimental sont de :

— mesurer l'intensité des réponses obtenues sur les plantations adultes (12 à 17 ans lors de la réalisation des essais) constituées de matériel D. P. et D. T. ou T. D. La littérature disponible sur la fertilisation à Sumatra concerne, en effet, essentiellement des travaux réalisés sur matériel dura Déli ;

— vérifier au Nord Sumatra la validité des niveaux critiques déterminés pour d'autres zones de culture ;

— définir les formes et doses d'engrais optimales pour corriger les déficiences principales dans différentes situations ;

— détecter précocement l'apparition de déséquilibres nutritionnels éventuellement induits par les fumures appliquées ;

— juger de la rentabilité économique des formules de fumure étudiées.

## DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Les résultats rapportés ci-après ont été obtenus dans les 4 expériences AL n°s 1 et 2 (plantation d'Aek Loba), BB n° 1 (plantation de Bangun Bandar) et MP n° 1 (plantation de Mata Pao)

## 1) Expérience AL 1.

— Expérience mise en place en 1971 sur plantation 1959.

— Dispositif factoriel 3<sup>3</sup> subdivisé (split-plotted), soit 27 parcelles principales et 54 sous-parcelles.

— Trois traitements principaux à trois niveaux :

$\left\{ \begin{array}{l} N0 = 0 \\ N1 = 2 \text{ kg/arbre/an de } (NH_4)_2 SO_4 \\ N2 = 4 \text{ kg/arbre/an de } (NH_4)_2 SO_4 \end{array} \right. (4)$

$\left\{ \begin{array}{l} P0 = 0 \\ P1 = 1,5 \text{ kg/arbre/an de superphosphate triple} \\ P2 = 3 \text{ kg/arbre/an de superphosphate triple} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} K0 = 0 \\ K1 = 1 \text{ kg/arbre/an de KCl} \\ K2 = 2 \text{ kg/arbre/an de KCl} \end{array} \right.$

(4) A partir de la campagne de fumure 1974, les traitements ont été transformés en 0-4-6 kg de  $(NH_4)_2 SO_4$ .

(1) Communication présentée à la Conférence Internationale Agricole sur le palmier à huile (Malaisie, 1976).

(2) Agricultural Department P. T. SOCFIN INDONESIA (SOCFINDO), Medan (Sumatra).

(3) Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I. R. H. O.), Paris (France).

— Un sous-traitement à deux niveaux :

$$\begin{cases} \text{Mg0} = 0 \\ \text{Mg1} = 1,5 \text{ kg/arbre/an de } \text{MgCl}_2. \end{cases}$$

— Chaque parcelle principale est constituée de 6 lignes de 9 arbres, soit 54 arbres dont 28 arbres utiles (4 lignes de 7 arbres), déduction faite des arbres de bordure.

— Chaque sous-parcelle est constituée de 12 arbres utiles (4 lignes de 3 arbres), compte tenu d'une rangée d'arbres neutres séparant les deux sous-parcelles.

## 2) Expérience AL 2.

— Expérience mise en place en 1971 sur plantation 1954  
— Dispositif en blocs de Fisher subdivisé à 8 répétitions avec 2 sous-traitements soit 24 parcelles et 48 sous-parcelles.

— Trois objets :

$$\begin{aligned} T &= \text{Témoin sans apport de Mg,} \\ A &= 1,5 \text{ kg/arbre/an de } \text{MgSO}_4 \text{ (kiésérite),} \\ B &= 2,475 \text{ kg/arbre/an de } \text{MgCl}_2. \end{aligned}$$

— Un sous-traitement à deux niveaux :

$$\begin{aligned} K0 &= 0 \\ K1 &= 1 \text{ kg/arbre/an de KCl.} \end{aligned}$$

— Quatre répétitions reçoivent 1,5 kg/arbre/an d'urée, quatre répétitions ne reçoivent pas d'azote.

— Chaque parcelle principale est constituée de 6 lignes de 8 arbres, soit 48 arbres dont 24 utiles (4 lignes de 6 arbres).

— Les sous-parcelles sont constituées de 8 ou de 12 arbres utiles, compte tenu d'une rangée de 4 arbres neutres entre les deux sous-parcelles.

## 3) Expérience BB 1.

— Expérience mise en place en 1971 sur plantation 1962.

— Dispositif factoriel  $3^3$ , soit 27 parcelles principales.

— Trois traitements à trois niveaux :

$$\begin{cases} N0 = 0 \\ N1 = 2 \text{ kg/arbre/an de } (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \\ N2 = 4 \text{ kg/arbre/an de } (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4. \end{cases}$$

$$\begin{cases} P0 = 0 \\ P1 = 2 \text{ kg/arbre/an de rock-phosphate} \\ P2 = 4 \text{ kg/arbre/an de rock-phosphate} \end{cases}$$

$$\begin{cases} K0 = 0 \\ K1 = 1 \text{ kg/arbre/an de KCl} \\ K2 = 2 \text{ kg/arbre/an de KCl.} \end{cases}$$

— Chaque parcelle est constituée de 5 lignes de 9 arbres, soit 45 arbres dont 21 arbres utiles (3 lignes de 7 arbres) déduction faite des arbres de bordure.

## 4) Expérience MP 1.

— Expérience mise en place en 1973 sur plantation 1967.

— Dispositif en blocs de Fisher à 8 répétitions, avec 3 objets soit 24 parcelles.

— Trois objets :

$$\begin{aligned} T &= \text{témoin sans apport de N,} \\ A &= 1,5 \text{ kg/arbre/an d'urée,} \\ B &= 2,6 \text{ kg/arbre/an de } \text{NH}_4 \text{Cl.} \end{aligned}$$

— Quatre répétitions sont placées sur matériel dura et quatre sur matériel tenera.

— Chaque parcelle est constituée de 6 lignes de 8 arbres, soit 48 arbres, dont 24 arbres utiles (4 lignes de 6 arbres) compte tenu des arbres de bordure.

## RÉSULTATS

### Etude des principaux éléments et de leurs influences sur les rendements

#### Azote.

Les diagnostics foliaires réalisés sur les plantations commerciales ont montré que la déficience en cet élément était généralisée, aussi bien sur les sols d'origine liparitique, que sur les sols alluviaux et les sols hydromorphes et ceci malgré les bonnes teneurs en azote total des horizons supérieurs (0,1 à 0,2 p. 100). Elle s'accompagne d'ailleurs d'une déficience en phosphore dans la plupart des cas.

Sur la plantation d'Aek Loba, une expérience AL 1, a été mise en place en 1971 (sur sol jaune podzolique) ; il s'agit d'un dispositif factoriel  $3^3$  subdivisé étudiant les effets des apports d'azote et de phosphore (déficiences certaines), de potassium et de magnésium (pour étude de l'évolution des deux autres éléments majeurs).

La déficience en N est considérable, puisque la teneur moyenne en N n'était que 2,21 entre 1972 et 1975 (Tabl. III).

L'effet du sulfate d'ammoniaque est rapide ; la teneur de 2,50 p. 100 retenue habituellement comme niveau critique pour les feuilles de rang 17 est obtenue dès 1972 avec la dose de 4 kg/arbre/an de sulfate d'ammoniaque. Les teneurs ont légèrement augmenté par la suite quoique les productions en N2 et N1 restent très différentes.

Sur la production, l'effet de l'azote n'était que de 10 p. 100 au dernier semestre 1972. Il est devenu important (+ 40 p. 100) au premier semestre 1973, soit 18 mois environ après les premières applications.

Quatre kg de sulfate d'ammoniaque permettent, en moyenne sur trois campagnes, un accroissement de la production de régimes de 44 kg/arbre/an (43 p. 100 d'augmentation par rapport au témoin sans azote).

L'allure de la courbe de réponse des rendements en fonction des doses d'azote permettrait d'escompter de nouvelles augmentations de production avec des doses plus fortes (l'étude de la dose de 6 kg de sulfate d'ammoniaque, apport fractionné, a été commencée en 1975).

Dans une expérience identique, mise en place simultanément à Bangun Bandar sur sols liparitiques, avec une teneur de 2,50 p. 100 N dans la feuille, il n'y a pas de réponse du rendement.

Par contre, dans une expérience mise en place en 1973 sur la plantation de Mata Pao, on a obtenu un début de réponse à la fumure azotée sur des arbres dont les teneurs en N étaient élevées, de l'ordre de 2,6 p. 100 (Tabl. IV).

Les applications de chlorure d'ammonium ont augmenté significativement les teneurs et, corrélativement, la production (+ 22 p. 100).

La supériorité du chlorure d'ammonium sur l'urée aurait pu s'expliquer par son effet sur la nutrition en chlore dont les teneurs sont passées de 0,265 pour objets T et A, à 0,476 avec du chlorure d'ammonium, objet B (chiffres du D. F. 1975).

Cependant, l'examen des corrélations peut faire douter de l'effet du chlore et la supériorité du chlorure d'ammonium serait plutôt à attribuer à la forme ammoniacale de l'azote :

— corrélations totales (D. F. 1974, rendements 1974/75) :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Cl. N} &: r = + 0,47^* \\ \bullet \text{ kg/arbre N} &: r = + 0,61^{**} \\ \bullet \text{ kg/arbre Cl} &: r = + 0,43^* ; \end{aligned}$$

— corrélations partielles (D. F. 1974, rendements 1974/75) :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ kg/arbre N avec Cl constant} &: r = + 0,51^* \\ \bullet \text{ kg/arbre Cl avec N constant} &: r = + 0,19 \text{ NS.} \end{aligned}$$

#### Phosphore.

La teneur en phosphore du contrôle expérimental a atteint 170 ppm de P total. Elle dépasse sensiblement les teneurs moyennes observées à la SOCFINDO.

Les teneurs en phosphore total de tous les sols de la région sont très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de ppm [Kiswito, 1974] ; il n'est donc pas étonnant d'obtenir également des réponses à la fumure phosphatée.

Dans la même expérience AL 1, le phosphore est appliqué sous forme de superphosphate triple et ses effets sur la nutrition en P et les rendements figurent dans le tableau V.

Les effets principaux des apports de phosphore sont comparables à ceux de l'azote puisque, sur l'ensemble des trois dernières campagnes, l'accroissement moyen des rendements est de 34 kg de régimes par arbres pour la dose de 3 kg de superphosphate par arbre/an (+ 32 p. 100 par rapport au témoin sans phosphate).

Il faut remarquer une diminution de 23 p. 100 des rendements des parcelles P0 entre 1972 et 1975 qu'il n'est pas possible d'attribuer à une détérioration des teneurs en P. Il s'agit probablement d'une aggravation relative de la carence en phosphore sous l'effet des apports d'azote (cf. interaction azote-phosphore ci-dessous et Fig. 1).

Si l'on ne se limite pas aux effets principaux, on observe une interdépendance des nutriments en N et P (synergisme N-P classique chez les plantes) (Tabl. VI).

Les teneurs en P sont modifiées à la fois par le phosphate et le sulfate d'ammoniaque et ce, dans des proportions comparables.

#### Interaction azote-phosphore.

L'examen des chiffres du tableau de contingence N-P (Tabl. VI) montre que cet effet de l'azote sur les teneurs en P ne devient sensible qu'en présence de phosphate. L'apport de phosphore seul élève les teneurs en cet élément de 0,141 à 0,152 et l'apport additionnel d'azote de 0,152 à 0,162 ; l'interaction linéaire  $N \times P$  n'est pas significative au D. F. de 1975 mais elle l'était à celui de 1974.

Par contre, l'apport d'azote seul n'a pas d'effet sur les teneurs en P.

L'interdépendance des nutriments en azote et en phosphore pourrait se traduire par une interaction positive des deux engrais sur les rendements. Cette interaction n'est pas encore

significative en 1975 mais pourrait le devenir à brève échéance. On constate en effet que l'action de la fumure azotée sans phosphore diminue au fil des années. L'apport d'azote seul augmente les teneurs en azote sans élever parallèlement les teneurs en phosphore, et le rapport N/P s'écarte de sa valeur optimum (Fig. 1).

Dans une autre expérience située sur la plantation de Bangun Bandar (BB 1 — sur sol brun podzolique), l'absence d'effet des fumures phosphatées s'explique parfaitement si l'on se réfère à l'évolution du rapport N/P (Fig. 1). En pratique, il est donc nécessaire d'apporter des fumures azotées si les teneurs en N sont inférieures au niveau critique et de les compléter par des fumures phosphatées si le rapport N/P s'élève au-dessus de 16.

### Magnésium.

Les déficiences en magnésium sont nombreuses sur le plan visuel sur la côte Est, alors qu'on n'en observe pas en West Atjeh. Elles sont particulièrement intenses dans la région d'Aek Loba et sur la plantation de Pulu Raja (PNP VI), où elles ont reçu le nom de « Pulu Raja Disease » [Tabas Pandia, 1972; Taryo Adiwiganda, Wibowo, 1973].

Les analyses de sol permettent de préciser l'existence de ces déficiences :

	Eléments échangeables, meq/100 g (analyses RISPA)		
	K	Ca	Mg
Pulu Raja.....	0,31	1,06	0,27
Pulu Raja.....	0,26	1,69	0,52

Le rapport Mg échangeable/K échangeable est largement inférieur aux valeurs de 3 à 4 qui sont souhaitables.

C'est dans une de ces zones très carencées qu'une expérience (AL 2) fut mise en place en 1971 sur sol jaune podzolique, pour étudier l'effet des apports magnésiens sous forme de sulfate (kiésérite) et de chlorure (Tabl. VII).

L'expérience est bien située dans une zone particulièrement carencée en Mg et il est d'ailleurs peu fréquent de trouver en plantations des teneurs aussi faibles.

Le niveau critique habituellement retenu, 0,24 p. 100 dans la feuille de rang 17, n'est pas encore atteint quatre ans après les premières applications.

La déficience magnésienne représente bien dans le cas présent le facteur limitant pour un bon équilibre nutritionnel de l'arbre, les teneurs en N et P étant améliorées par les fumures magnésiennes (Tabl. VIII).

L'étude détaillée des résultats parcelaires de nutrition montre que la déficience magnésienne ne présentait pas la même gravité dans les 8 répétitions de l'expérience, les teneurs en Mg des parcelles témoins variant entre 0,03 et 0,15. Or, les accroissements de production obtenus en 1974/75 par les engrais magnésiens, kiésérite ou chlorure de magnésium sont très différents selon la richesse native en Mg des blocs considérés (Fig. 2).

Pour les valeurs des coordonnées des 8 points représentés, la corrélation est significative à 1 p. 100 ( $r = -0,80^{**}$ ).

Les rendements sont très fortement accrus par l'amélioration de la nutrition en Mg lorsqu'on se trouve à des teneurs inférieures à 0,10 ; au-delà de cette valeur, les augmentations de production à attendre d'une élévation des teneurs semblent très modestes. Ainsi la courbe de réponse au magnésium serait à pente très forte jusqu'à Mg = 0,10 p. 100, ensuite elle deviendrait très rapidement horizontale. Bien entendu, il faudra attendre quelques campagnes supplémentaires pour avoir confirmation de ces chiffres : il importe d'attendre que les engrais magnésiens aient pu faire leur effet sur l'ensemble de la période de sexualisation. Il faut noter à ce propos que les accroissements de production observés en 1974/75 sont dus pour 60 p. 100 à des augmentations des poids moyens des régimes.

On constatera avec intérêt que le rendement a atteint un niveau de 20-22 t régimes/ha avec des ressources en Mg très faibles, inférieures à 0,1 p. 100.

La détermination du niveau optimal d'intervention pour la teneur en Mg revêt de l'importance, non seulement pour les zones très carencées en cet élément, cas de l'expérience AL 2, mais également en cas de déficience moins accentuée induite par d'autres fumures. C'est le cas, par exemple, de l'expérience AL 1 dans laquelle les applications de sulfate d'ammoniaque, 4 kg/arbre/an, réduisent les teneurs en Mg de 0,29 à 0,21 (D. F. 1975, significatives à 1 p. 100) : la question se pose de savoir si, à ces niveaux, il faut ou non intervenir ; pour AL 1 les applications de chlorure de magnésium n'ont, à ce jour, pas entraîné d'effet sur les rendements, ce qui n'est pas étonnant si l'on se réfère aux résultats de l'expérience précédente (AL 2).

Il ne paraît donc pas nécessaire de s'émouvoir d'une légère diminution des teneurs en Mg sous l'influence des apports d'azote et de phosphore, mais il faut bien entendu surveiller l'évolution et s'attendre, peut-être à long terme, à la nécessité d'une légère correction magnésienne.

### Potassium.

Trois points sont à noter :

1) il n'y a aucun accroissement des teneurs en potassium de la feuille consécutif à l'application de doses croissantes de chlorure de potassium,

2) l'absence d'un apport de potassium pendant 4 ou 5 ans (les expériences ont été en 1971 démarrées sur des blocs fumés antérieurement avec des engrais composés et du potassium), n'a pas de conséquence sur la production dans ces deux expériences dont l'une a un niveau de production moyen de 15 tonnes/ha (mais bon avec NP : 23 tonnes) : celle d'Aek Loba, l'autre très bon (30 tonnes/ha) : celle de Bangun Bandar,

3) le fait d'atteindre un niveau de 0,900 en K en 1973, et même un niveau de 0,800 en 1975, inférieurs au niveau critique ou au niveau optimum recommandé par de nombreux spécialistes n'entraîne pas en 1974/75 d'accroissement des rendements pour le chlorure de potassium. (Tabl. IX).

Dans l'expérience AL 1, le niveau en K des parcelles sans fumure est relativement faible, 0,811 p. 100 au D. F. de 1975, mais il est significativement amélioré par la fumure azotée seule, 0,94 p. 100 pour les objets N2P0, au D. F. de 1975. Ainsi, la correction de la déficience principale s'accompagne d'un redressement de la nutrition potassique. (Tabl. X).

Cependant, le superphosphate, dont l'association avec le sulfate d'ammoniaque est nécessaire à l'obtention de hauts rendements, déprime fortement les teneurs en K en les ramenant au niveau des parcelles sans fumure.

Dans l'expérience AL 2, les applications de magnésium entraînent des baisses des teneurs en K qui, au D. F. de 1975, passent de 0,946 pour le témoin sans engrais à 0,733 pour les traitements avec kiésérite ou chlorure de magnésium.

En 1975, il n'existait pas de symptômes de déficiences potassiques visibles sur les feuilles.

Ces deux exemples pris sur AL 1 et AL 2, montrent que sur des plantations apparemment bien pourvues en K à l'origine, les fumures apportées pour corriger la ou les autres déficiences principales peuvent induire des réductions des teneurs en K qui doivent être suivies, sans qu'il paraisse nécessaire d'intervenir jusqu'à un certain point.

### Chlore.

Les résultats des expériences réalisées à la SOCFINDO suivent le schéma classique : liaison positive Ca  $\rightleftharpoons$  Cl et antagonisme Ca  $\rightleftharpoons$  K.

Les chlorures de magnésium et d'ammonium (voire même de potassium) diminuent plus la teneur en potassium que ne le font le sulfate de magnésium et l'urée.

Sur toutes les plantations où le diagnostic foliaire a décelé des teneurs en Cl inférieures au niveau optimal provisoire défini par Ollagnier [1971], soit 0,35 p. 100, l'application d'engrais chlorés permet aisément d'accroître les teneurs au niveau moyen de 0,45 p. 100.

Les nouveaux résultats obtenus à ce jour sembleraient indiquer une réponse très bonne de la production aux applications de chlore lorsque les teneurs en cet élément sont faibles, inférieures à 0,2 p. 100 [Daniel et Ochs, 1975] ou même moins.

Dans l'expérience de Mata Pao (MP 1 déjà citée), où les teneurs natives se situent à 0,25 p. 100, on a pu remarquer la supériorité du chlorure d'ammonium sur l'urée, tant pour les niveaux de nutrition en N que pour les rendements. La question reste posée, pour l'instant, de savoir s'il s'agit d'un effet de la forme ammoniacale supérieure à la forme urée, ou d'un effet indirect de l'amélioration de la nutrition en Cl des arbres sur l'assimilation de l'azote.

Pour l'instant, cependant, l'intérêt du chlorure d'ammonium comme engrais azoté est bien démontré.

## ASPECTS ÉCONOMIQUES

### Azote et phosphore.

Aux conditions actuelles des marchés, on peut estimer la valeur des régimes à 0,05 U. S. \$ le kg départ plantation ; le prix moyen de 200 U. S. \$/tonne a été retenu pour le sulfate d'ammoniaque, le superphosphate triple et le chlorure d'ammonium ; ces prix ont été arrondis car les données économiques qui suivent n'ont pour but que de fixer les idées.

Le tableau de contingence N  $\times$  P des productions moyennes pour les trois dernières campagnes figure dans le tableau XI.

En tenant compte du coût des engrais épandus pour chaque formule, on obtient les bénéfices nets par arbre et par an dans chaque cas (Tabl. XII).

Ainsi, sur le plan économique comme sur le plan agronomique, ce sont les formes équilibrées en azote et en phosphore qui rentabilisent le mieux les investissements engrais, tout en assurant les plus fortes augmentations de rendement (cas des formules N1P1 et N2P2). En d'autres termes, lorsque les circonstances imposent une réduction des dépenses en engrais, les plantations dans la situation nutritionnelle d'Aek Loba



doivent opérer des réductions de doses à la fois sur les engrais azotés et phosphorés ; c'est une condition à l'obtention des productions les plus élevées avec le meilleur « rendement » possible des sommes investies en engrais.

L'emploi de phosphate tricalcique devrait encore améliorer ces bilans économiques.

#### Magnésium.

Pour des carences très graves en magnésium (cas de AL 2), leur correction s'avère très rentable sur le plan économique puisque dans cette expérience le bénéfice net pour la campagne 1974/75 s'élève à 2.20 US \$/arbre/an.

#### CONCLUSION

Les résultats de ces expériences ont permis « d'affiner » les barèmes des fumures appliquées sur les plantations.

Il a été possible de démontrer l'intérêt de redresser les déficiences en azote même sur arbres adultes, à condition que l'équilibre N/P soit bien respecté.

Dans le même temps, les résultats des diagnostics foliaires de contrôle montraient que les applications d'azote pouvaient arrêter la décroissance régulière des teneurs en N en liaison avec l'âge. La figure 3 montre, par exemple, l'évolution de la situation nutritionnelle des plantations d'Aek Loba de 1972 à 1975 :

— En 1972, la décroissance moyenne des teneurs en N par année d'âge était de 0,017 ; ainsi, des arbres de 20 ans présentaient des niveaux de N de 2,20-2,30.

— En 1975, on n'observe plus de décroissance avec l'âge, du moins pour la période de plantation allant jusqu'en 1950 (palmiers de 25 ans).

Par ailleurs, sur l'ensemble des plantations SOCFINDO, les formules appliquées depuis 1972 ont permis d'obtenir en 1975 des teneurs en N plus homogènes et plus élevées qu'en 1970 malgré le vieillissement des arbres (Tabl. XIII).

Les résultats expérimentaux exposés ci-dessus, démontrent, s'il en était besoin, la nécessité du contrôle régulier et permanent de la nutrition des plantations industrielles ; les équilibres en éléments des arbres peuvent être modifiés par l'apparition de déficiences induites par les fumures appliquées. Un réseau expérimental d'accompagnement permet d'ajuster les formules de fumure en toute connaissance de cause.

## BIBLIOGRAPHIE

### ÉTUDE COMPARATIVE DES HUILES DE PALME DE DIFFÉRENTES ESPÈCES DE PALMIERS DU GENRE *Elaeis*

H. FAULKNER

Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille  
Faculté des Sciences et Techniques  
30 janvier 1976, 90 p. (CA1 94)

La comparaison porte sur trois huiles de palme provenant des fruits d'arbres d'espèces différentes : *Elaeis guineensis*, cultivé en palmeraies organisées et en pleine production en Afrique équatoriale ; *Elaeis melanococca*, poussant à l'état sauvage en Amérique du Sud ; un hybride entre *Elaeis melanococca* et *Elaeis guineensis*, cultivé en palmeraie expérimentale. Les caractéristiques analytiques chimiques (indices) étudiées dans un premier temps montrent que l'huile d'*E. guineensis* est une graisse concrète, l'huile d'*E. melanococca* une huile fluide peu saturée et celle d'hybride intermédiaire entre les deux précédentes. La proportion de solide dans la graisse en cours de solidification ou de fusion, déterminée par RMN, conduit à des conclusions semblables : l'huile d'*E. guineensis* commence à se solidifier très vite dès le début du refroidissement, celle d'*E. melanococca* cristallise d'une façon peu intense ; la 3<sup>e</sup> est intermédiaire.

Les compositions en acides gras totaux et les structures glycéridiques de ces 3 huiles sont nettement différentes : l'huile d'*E. guineensis* est la plus riche en acides saturés (palmitique, stéarique). De plus, l'huile hybride n'est pas une moyenne arithmétique des deux huiles parentes. L'hydrogénation lui confère certaines caractéristiques au niveau de la composition en acides gras totaux (forte teneur en acide oléique et teneur assez faible en acide linoléique) ou interne (concentration privilégiée de l'acide linoléique dans cette position).

L'huile d'*E. melanococca* qui provient de plantes sauvages possède le plus d'insaponifiable. Les compositions qualitatives de ce dernier sont identiques pour les 3 huiles ; par contre, les quantités varient ; l'hybridation conduit à une composition quantitative nouvelle pratiquement intermédiaire entre les 2 compositions extrêmes.

## THE SCIENCE AND TECHNOLOGY OF AEROSOL PACKAGING

### SCIENCE ET TECHNOLOGIE DU CONDITIONNEMENT DES AÉROSOLS

John J. SCIARRA et Leonard STOLLER

John Wiley and Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester (Sussex), Angleterre  
1974, 1 vol. relié, XIII-710 pages, tableaux, figures, Prix : £ 19.60

Voici enfin un ouvrage donnant les informations les plus récentes sur le développement et le conditionnement des aérosols. Il est également destiné à aider le chimiste dans la mise au point de nouveaux produits et à lui donner une vue d'ensemble sur le marché et les réglementations officielles.

Après un historique sur les emballages pressurisés, on aborde les aspects physico-chimiques et technologiques de la question. Les chapitres successifs sont consacrés aux divers modes de

conditionnement et aux formules des aérosols actuellement utilisés pour les déodorants, antiperspirants, purificateurs d'air, bactéricides, en parfumerie, peinture, etc... La pharmacologie et la toxicologie de ces produits sont traitées en détail.

À l'heure de la croissance spectaculaire des aérosols, ce livre trouve sa place aussi bien chez l'étudiant et l'industriel que chez le commerçant et l'utilisateur.

M.-T. R.